

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОСТРУКТУРЫ УГЛЕРОДИСТЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ МЕТОДОМ РКУП

Никитенко О.А., Мешкова А.И.

Руководитель – доц., к.т.н. Концева Н.В.

ГОУ ВПО «Магнитогорский технический университет им. Г.И. Носова»,
г. Магнитогорск,
olganikitenko@list.ru

При разработке новых ультрамелкозернистых материалов важнейшая роль принадлежит микроскопической структуре и методам ее оценки. На современном этапе развития металловедения наиболее рациональной и эффективной является строго количественная, объективная оценка микроструктуры.

Задача количественного анализа микроструктуры стали, подвергнутой обработке методом равноканального углового прессования (РКУП), представляет большие трудности, что связано с малым размером исследуемых объектов: от ультрамелких (менее 1000 нм) до наноразмерных (менее 100 нм). Как следствие, необходимо получать и анализировать электронно-микроскопические, в том числе и растровые (РЭМ) изображения, отличающиеся чрезвычайно большим диапазоном изменения яркости и контрастности. Однако эти изображения не всегда являются хорошей основой для количественного анализа микроструктуры в связи с отсутствием четких границ зерен, наличием затененных участков. Кроме того, при анализе возникают проблемы, связанные с неоднородностью исследуемых структур, например, присутствием помимо феррита второй структурной составляющей – перлита. Помимо этого, для получения достоверной количественной информации о микроструктуре таких объектов необходим полный охват всей площади поверхности исследуемого образца, но съемка всей поверхности исследуемого объекта представляет собой длительную и трудоемкую операцию.

Очень мощным инструментом в этом отношении выступает программа Thixomet PRO, которая позволяет повысить качество обрабатываемых изображений, провести склеивание смежных полей зрения (изготовить панораму), произвести распознавание сложных металлургических структур и их количественное описание. Поэтому освоение методики проведения количественного анализа микроструктуры ультрамелкозернистых сталей с использованием программы Thixomet PRO с применением статистической обработки данных представляется весьма целесообразной и актуальной задачей.

В настоящей работе приведены результаты количественного микроструктурного анализа сталей марок 20 и 45, подвергнутых РКУП.

Изначально образцы были исследованы методом РЭМ, а затем полученные изображения были обработаны в программной среде Thixomet PRO. Были выполнены измерения следующих характеристик геометрических параметров микроструктуры: площадь зерен, размер фрагментов феррита, объемная доля фрагментированного феррита, ширина деформационных полос, межпластинчатое расстояние в перлите, толщина цементитных пластин, толщина ферритных промежутков.

Как показали результаты металлографического анализа, уже при первом проходе при РКУП происходит образование деформационных полос практически по всему объему феррита. На рис. 1 в качестве примера представлена частотные кривые плотности распределения ширины деформационных полос в стали марки 20 при различном количестве проходов при РКУП, построенные с помощью нормального закона плотности распределения. По оси ординат отмечена частота появления события, выраженная в относительных единицах, по оси абсцисс – размер исследуемого параметра.

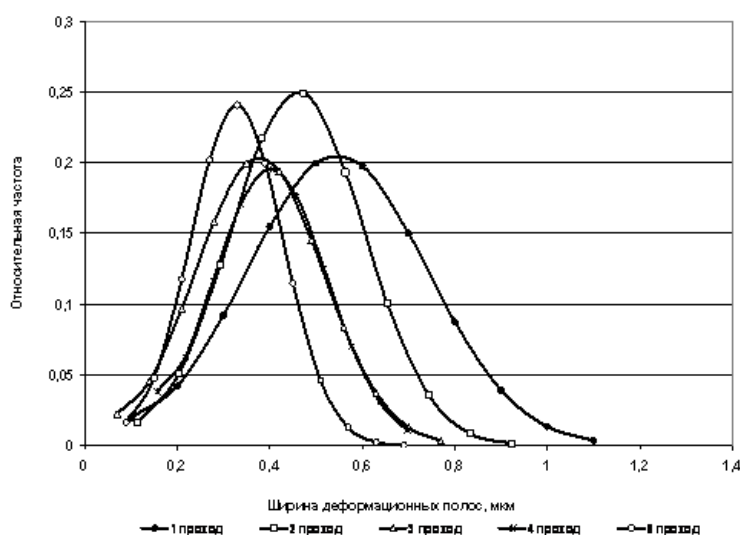


Рисунок 1. Частотная кривая плотности распределения ширины деформационных полос в стали марки 20 по проходам РКУП

Частотное (среднее) значение ширины деформационных полос находится в пределах от 0,3 до 0,8 мкм. Причем этот параметр существенно уменьшается при 2 проходе, что особенно отчетливо наблюдается для стали марки 45, а затем изменяется незначительно.

Дисперсионный анализ показал, что степень рассеяния данного параметра как для стали марки 20, так и для стали марки 45 от прохода к проходу непрерывно уменьшается. Внутри деформационных полос в процессе деформации образуются фрагменты – зерна практически равноосной формы с большеугловыми границами. При этом характерный размер фрагментов феррита в низкоуглеродистой стали марки 20 при

первом проходе составляет в среднем около 0,7 мкм и уменьшается в процессе РКУП до 0,5 мкм. В среднеуглеродистой стали марки 45 размер фрагментов феррита изменяется от 0,75 до 0,5 мкм. При этом на начальных этапах обработки как низкоуглеродистой стали марки 20, так и среднеуглеродистой стали марки 45 методом РКУП (при 1...3 проходах) имеет место неоднородность по размеру данного параметра. При увеличении числа проходов (т.е. при возрастании степени накопленной деформации) уменьшается не только средний размер фрагментов феррита, так и разнотернистость, что подтверждает и статистический анализ полученных данных.

В процессе РКУП низко- и среднеуглеродистой конструкционной стали марок 20 и 45 изменяется и межпластинчатое расстояние в перлите: в стали 20 – от 0,27 до 0,18 мкм, а в стали 45 – от 0,58 до 0,24 мкм. Результаты статистической обработки показали, что при этом межпластинчатое расстояние в перлите стали 20 оказалось примерно в 1,5...2 раза меньше, чем в стали 45.

Анализ полученных данных выявил также, что в процессе РКУП в перлите происходит уменьшение толщины ферритных пластин примерно на 60 % и уменьшение толщины цементитных пластин примерно на 40%, т.е. в наибольшей степени деформируются ферритные промежутки. При этом в процессе РКУП распределение значений толщины и цементитных, и ферритных пластин становится более однородным.

Заключение. Использование программной среды Thixomet PRO позволяет произвести количественное описание микроструктурных изменений, происходящих при наноструктурировании методом РКУП сталей с феррито-перлитной структурой. При этом статистическая обработка данных свидетельствует, что относительная погрешность измерений не превышает 5...7 %. Полученные результаты позволили объяснить характер изменения показателей механических свойств.

Работа выполнена в рамках аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)», проект «Создание научных основ эволюции структуры и свойств наноструктурных конструкционных сталей в процессах обработки давлением», регистр. номер 2.1./2014.), а также федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг., реализация мероприятия № 1.2.2 «Проведение научных исследований научными группами под руководством кандидатов наук», проект «Развитие методов деформационного наноструктурирования для получения конструкционной стальной проволоки с уникальным комплексом механических свойств» (государственный контракт П983)

Формирование структуры и свойств при наноструктурировании углеродистых конструкционных феррито-перлитных сталей / Н.В. Копцева, М.В. Чукин, Ю.Ю. Ефимова, О.А. Никитенко // XX Уральская школа металлостроителей-термистов «Актуальные проблемы физического металловедения сталей и сплавов», посвященная 100-летию со дня рождения Н.Н. Липчина. Пермь, 1-5 февраля 2010 г.: Сборник материалов, Екатеринбург: изд-во УГТУ-УПИ, 2010. С.117.